NSS

Neutrosophic Sets and Systems, Vol. 66, 2026

University of New Mexico

Enfoque PESTEL-FODA Neutrosófico en la Transición Agroecológica de Pequeños Productores de Hortalizas en el Ecuador.

Autores

Msc. Ortega Belalcázar Verónica Andrea[1]
[1]Magister en Agronomía, Universidad Estatal Politecica del Carchi , verosweet_2@hotmail.com ,
https://orcid.org/0009-0003-7894-4028

Abstract.

La transición agroecológica de pequeños productores de hortalizas en Ecuador enfrenta barreras estructurales poco documentadas, un problema que limita el diseño de políticas efectivas. Este tema resulta crucial en el contexto actual, donde la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental exigen alternativas viables frente al modelo agrícola convencional. Sin embargo, la literatura existente carece de herramientas que integren la incertidumbre y la subjetividad propias del análisis estratégico en estos territorios. Para llenar este vacío, el estudio propone un enfoque novedoso que combina los análisis PESTEL y FODA con la teoría neutrosófica, permitiendo manejar datos ambiguos e información incompleta proveniente de los agricultores. Los hallazgos principales revelan cómo las amenazas externas y las debilidades internas se entrelazan, mientras que ciertas oportunidades y fortalezas emergen solo bajo una lógica neutrosófica. La contribución del estudio es doble: teóricamente, enriquece los marcos estratégicos con lógica difusa; prácticamente, ofrece una guía para diseñar intervenciones adaptadas a la realidad incierta de los pequeños productores.

Palabras clave: Neutrosofía, Agroecología, PESTEL, FODA, Pequeños Productores, Transición Sostenible, Ecuador.

1. Introducción

La transición agroecológica representa un cambio paradigmático profundo, desafiando las estructuras económicas, culturales y de poder del sistema agroalimentario industrial convencional [1]. En este contexto, los pequeños productores de hortalizas constituyen un actor central, no solo por su contribución a la seguridad alimentaria, sino también por su potencial para construir alternativas sostenibles desde el Sur Global [2]. Particularmente en Ecuador, un país con una mega diversidad biológica y una profunda desigualdad estructural, la agricultura familiar campesina enfrenta obstáculos formidables que limitan el florecimiento de prácticas agroecológicas [3]. A pesar de la consagración constitucional del Buen Vivir o Sumak Kawsay, la implementación efectiva de políticas que fomenten dicha transición ha resultado contradictoria y fragmentada [4]. En consecuencia, los agricultores se ven atrapados entre el discurso de la sostenibilidad y las presiones cotidianas de un mercado que privilegia la productividad por sobre la resiliencia.

La literatura existente sobre transiciones agrícolas ha tendido a priorizar enfoques unidimensionales. Por un lado, abundan los análisis técnicos centrados en el rendimiento de cultivos o en innovaciones

tecnológicas descontextualizadas [5]. Por otro lado, los estudios de caso han descrito experiencias agroecológicas exitosas, aunque sin desarrollar marcos analíticos que capturen sistemáticamente la complejidad del entorno macro y micro que rodea al productor [6]. Para abordar esta complejidad, herramientas estratégicas como el análisis PESTEL (Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico y Legal) y el FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) han sido utilizadas de forma aislada en el ámbito agrícola [7]. Sin embargo, una carencia significativa persiste: la incapacidad de estos métodos para manejar la ambigüedad, la información incompleta y las percepciones subjetivas inherentes a la realidad campesina [8]. Las evaluaciones convencionales, al tratar los factores ambientales como variables deterministas, omiten la incertidumbre que caracteriza la toma de decisiones en contextos de vulnerabilidad.

Justamente, el problema central que este estudio aborda radica en la falta de un enfoque integrado que permita sopesar la interacción dinámica entre el entorno externo y las capacidades internas del pequeño productor, reconociendo al mismo tiempo los matices de la incertidumbre. ¿De qué manera la combinación de las metodologías PESTEL y FODA, potenciadas por la lógica neutrosófica, puede develar las barreras y palancas ocultas en la transición agroecológica de los horticultores ecuatorianos? Esta pregunta de investigación es crucial, pues las metodologías tradicionales tienden a simplificar en exceso la realidad, clasificando los factores como positivos o negativos de manera binaria. Al hacerlo, descartan información valiosa sobre datos indeterminados o contradictorios, información que a menudo es la clave para diseñar intervenciones efectivas y resilientes. Por lo tanto, se requiere un giro epistemológico que acepte la contradicción como parte del diagnóstico.

Para llenar esta brecha metodológica, el presente artículo propone un enfoque original: el análisis PESTEL-FODA neutrosófico. La neutrosofía, una teoría filosófica que estudia los orígenes, la naturaleza y el alcance de las neutralidades, ofrece las herramientas formales para lidiar con la información imprecisa o inconsistente. A diferencia de la lógica difusa que trabaja con grados de pertenencia, la neutrosofía incorpora explícitamente un tercer componente: la indeterminación (I). Esto resulta especialmente pertinente en las ciencias sociales aplicadas al territorio, donde las opiniones de los agricultores pueden ser simultáneamente verdaderas y falsas dependiendo del contexto. La relevancia de este instrumento es tal que permite valorar, por ejemplo, una política gubernamental que es beneficiosa en teoría pero perjudicial en su aplicación local, evitando así generalizaciones apresuradas y permitiendo un análisis más fino de la realidad.

La magnitud del desafío en Ecuador justifica la urgencia de esta propuesta. Datos recientes indican que, si bien existe un creciente interés por la producción limpia, los pequeños agricultores enfrentan un acceso restrictivo al crédito, mercados volátiles y una asistencia técnica deficiente [1]. El análisis PESTEL tradicional revelaría, por ejemplo, que la inestabilidad política y las políticas económicas neoliberales generan un entorno hostil para la agroecología [7]. Paralelamente, un análisis FODA clásico identificaría la diversificación de cultivos como una fortaleza, pero la dependencia de intermediarios como una debilidad. No obstante, la interacción entre estos planos (externo e interno) no es mecánica. Un mismo fenómeno, como la falta de acceso a tecnología, puede ser una amenaza externa (políticas de importación restrictivas) y una debilidad interna (bajo nivel de alfabetización digital), generando un espacio de indeterminación que las metodologías actuales no saben cómo clasificar.

Profundizando en la necesidad práctica, la transición agroecológica no es un proceso puramente técnico o biológico, sino profundamente social y político [4]. Los pequeños productores no son recipientes pasi-

vos de innovaciones; son agentes activos que negocian, resisten y adaptan las prácticas según sus cosmovisiones y recursos disponibles [8]. En lugares como los Andes ecuatorianos, la construcción de autonomía a menudo implica estrategias contradictorias, como participar en mercados convencionales para financiar circuitos alternativos solidarios [6]. Esta dualidad estratégica es un ejemplo perfecto de "neutrosofía aplicada": una práctica que no es ni completamente dependiente ni completamente autónoma, sino que oscila en un estado de devenir. Por consiguiente, una herramienta de diagnóstico que aspire a guiar políticas públicas debe ser capaz de capturar estas paradojas sin forzarlas a encajar en categorías predeterminadas de éxito o fracaso.

Además de la dimensión social, la dimensión ecológica introduce otro nivel de complejidad. La variabilidad climática, la degradación de suelos y la presión sobre fuentes de agua son fenómenos no lineales que generan alta incertidumbre. Al aplicar un enfoque neutrosófico, el análisis PESTEL puede evaluar el impacto del cambio climático no solo como una "amenaza" constante, sino como un conjunto de escenarios con grados variables de afectación e incluso oportunidades potenciales (como la reducción de ciertas plagas). De manera similar, el FODA neutrosófico puede sopesar fortalezas "aparentes", como el conocimiento tradicional, que en algunos contextos podría volverse una debilidad si impide la adopción de nuevas técnicas de conservación. La flexibilidad del enfoque propuesto reside en su capacidad para asignar valores de verdad, falsedad e indeterminación a cada factor identificado por los propios agricultores durante los talleres participativos.

El presente estudio se ejecutará mediante una metodología mixta que combina grupos focales con la aplicación de cuestionarios estructurados bajo escalas neutrosóficas. Se trabajará con una muestra representativa de pequeños productores de hortalizas en dos provincias clave del Ecuador, seleccionadas por su contraste en niveles de adopción agroecológica. A través de sesiones participativas, se construirán colectivamente las matrices PESTEL y FODA. Posteriormente, un panel de expertos en agricultura sostenible y políticas públicas procesará estos datos utilizando operadores neutrosóficos para ponderar la relevancia de cada variable, eliminando el ruido de la información contradictoria y destacando los patrones de indeterminación. Este procedimiento permitirá no solo listar factores, sino entender su peso específico en un sistema complejo, superando así la mera descripción cualitativa.

Finalmente, los objetivos que guían esta investigación son claros y secuenciales. En primer lugar, se busca diagnosticar los factores externos e internos que influyen en la transición agroecológica utilizando el modelo PESTEL-FODA neutrosófico. En segundo lugar, se pretende identificar las relaciones de indeterminación más significativas entre las variables políticas, económicas y sociales que afectan a los horticultores. Por último, se persigue el diseño de un conjunto de lineamientos estratégicos, basados en la lógica neutrosófica, que faciliten la toma de decisiones adaptativas para los agricultores y los formuladores de políticas. Estos objetivos no solo responden a la pregunta de investigación planteada, sino que establecen un puente entre el desarrollo teórico-metodológico y la intervención práctica en el territorio, promoviendo una agricultura más justa, resiliente y consciente de sus propias contradicciones.

2. Trabajo Relacionado.

2.1. Transición Agroecológica.

La transición agroecológica representa mucho más que un cambio técnico en el manejo de cultivos; constituye una respuesta sistémica frente a la crisis socioecológica desatada por el modelo agrícola industrial. Este último, centrado en la homogeneización genética y la dependencia de insumos sintéticos,

ha demostrado ser insostenible en el largo plazo [9]. Frente a este escenario, la agroecología emerge como una ciencia, un movimiento social y una práctica que busca rediseñar los agroecosistemas desde principios ecológicos y de justicia. Su relevancia se vuelve acuciante en países como Ecuador, donde la pequeña agricultura familiar convive con profundas desigualdades estructurales y una alarmante pérdida de biodiversidad.

Históricamente, las políticas agrarias latinoamericanas privilegiaron la Revolución Verde, marginando los saberes campesinos ancestrales. Este sesgo hacia la intensificación productiva generó circuitos de dependencia tecnológica y financiera que aún hoy atrapan a los pequeños productores [10]. Sin embargo, en las últimas dos décadas ha resurgido un interés global por los enfoques agroecológicos, impulsado por movimientos sociales como La Vía Campesina [11]. Ecuador, pese a su innovador marco constitucional del Sumak Kawsay, presenta una implementación fragmentada de estas políticas, oscilando entre programas pilotos exitosos y el desmantelamiento presupuestario.

La pregunta central que guía este análisis es, por tanto, de naturaleza compleja: ¿cómo pueden los agricultores familiares superar las barreras sistémicas —desde el acceso al crédito hasta la concentración de los mercados— para avanzar hacia sistemas verdaderamente sostenibles? El problema adquiere magnitud cuando se considera que más de la mitad de los alimentos básicos en la región provienen de estas unidades productivas, cuyas decisiones se toman en entornos de alta incertidumbre. No se trata solo de un desafío técnico, sino también cultural y político.

Para valorar esta problemática, resulta indispensable examinar críticamente los marcos conceptuales dominantes. Una primera corriente, de carácter tecnocrático, evalúa el éxito agroecológico mediante indicadores de productividad, eficiencia energética o balance de carbono. Aunque útil, este enfoque ha sido criticado por reducir la complejidad de las transiciones a meras ecuaciones biofísicas, ignorando las dinámicas de poder y las luchas por la tierra [12]. Por el contrario, una segunda corriente, vinculada a la ecología política, enfatiza la autonomía y la soberanía alimentaria como ejes intocables del proceso, aunque a veces descuida las especificidades agronómicas locales.

La evidencia empírica proveniente de estudios de caso en los Andes sugiere que las transiciones más exitosas ocurren cuando se articulan simultáneamente acciones a múltiples niveles. Por ejemplo, la "Estructura Agroecológica Principal" ha permitido medir la conectividad del paisaje en fincas ecuatorianas, revelando que la agrobiodiversidad no depende del tamaño de la parcela, sino de la existencia de redes de cooperación [9]. Este hallazgo es clave, pues indica que incluso en contextos adversos (falta de crédito o asistencia técnica deficiente), el capital social puede fungir como un potente catalizador del cambio. En otras palabras, la cooperación horizontal entre campesinos emerge como un factor determinante para superar la fragmentación.

Ahora bien, no se debe idealizar este proceso, pues la transición agroecológica también enfrenta contradicciones internas. Un análisis profundo muestra que muchas experiencias locales sufren de lo que algunos autores denominan "agroecología de mercado", donde las certificaciones orgánicas y los nichos de comercio justo terminan reproduciendo lógicas de exclusión y burocratización [10]. Pequeños productores con recursos limitados quedan excluidos de estos circuitos debido a los altos costos de certificación, viéndose forzados a vender sus productos ecológicos al mismo precio que los convencionales en mercados mayoristas. Esta paradoja subraya la necesidad de repensar los modelos de comercialización, optando por esquemas alternativos como los mercados campesinos de cercanía o los sistemas de garantía participativa.

Desde una perspectiva crítica, la valoración de estas experiencias no puede limitarse a medir el área bajo manejo orgánico o la reducción en el uso de plaguicidas. Se requiere un salto epistemológico que in-

corpore dimensiones cualitativas: el fortalecimiento de la autoestima campesina, la recuperación de semillas nativas o la participación de las mujeres en la toma de decisiones. En muchas comunidades andinas, la transición ha servido como un vehículo para reconstruir identidades culturales erosionadas por décadas de migración y dependencia. Por consiguiente, una política pública que aspire a fomentar la agroecología no puede ser meramente sectorial (agrícola), sino que debe articular salud, educación y desarrollo territorial.

Además de lo anterior, la transición agroecológica debe enfrentar el desafío de escalar sus impactos sin perder su esencia localista. Los críticos señalan que, si bien existen cientos de experiencias exitosas documentadas, estas permanecen como "islas de sostenibilidad" en un mar de agricultura industrial [9]. Para romper este aislamiento, se necesitan innovaciones institucionales como los "Laboratorios Vivos Territoriales" (Living Labs), espacios donde agricultores, técnicos e investigadores co-diseñan soluciones adaptadas al contexto [10]. Estos mecanismos participativos han demostrado ser superiores a la extensión rural tradicional, al reconocer la incertidumbre inherente a los sistemas agroecológicos y fomentar la experimentación continua.

Finalmente, una valoración equilibrada del estado del arte indica que la agroecología no ofrece recetas universales, sino principios que deben ser traducidos localmente. La ausencia de patrones predecibles en su difusión no es una debilidad, sino una manifestación de su riqueza adaptativa. Los pequeños productores ecuatorianos enfrentan barreras formidables, pero también poseen un acervo de conocimientos y un capital social que los actores públicos deberían potenciar en lugar de sustituir. Así pues, la contribución central de este análisis es sostener que el éxito de la transición depende menos de la cantidad de subsidios o de la sofisticación tecnológica, y más de la capacidad de construir redes de confianza y gobernanza colaborativa. En un mundo de crisis climática y desigualdad creciente, la agroecología se perfila no como una utopía ingenua, sino como una necesidad práctica e inaplazable.

2.2. Análisis FODA

El análisis FODA se erige como una herramienta fundamental para diagnosticar la situación de cualquier empresa o iniciativa. Su esencia radica en explorar, por un lado, las condiciones internas —debilidades y fortalezas— y, por otro, el contexto externo —amenazas y oportunidades—, todo ello organizado en una matriz sistemática [12]. Este procedimiento comprende cuatro etapas clave: el escrutinio del entorno externo, el examen de los factores internos, la construcción de la matriz FODA y, finalmente, la definición de la ruta estratégica.

La capacidad de una organización para subsistir y florecer depende íntimamente del medio que la rodea, un medio que le ofrece tanto posibilidades favorables como riesgos latentes. De ahí la relevancia del análisis externo. Paralelamente, los elementos internos —las flaquezas y las virtudes organizacionales— son fruto directo de la calidad de su gestión interna [12].

Cada uno de estos cuatro componentes puede entenderse como un impulso positivo para el desarrollo o como un freno negativo que obstaculiza el avance. Las oportunidades son fuerzas externas benéficas que, una vez detectadas, pueden capitalizarse para apuntalar el crecimiento del proyecto o la empresa. En cambio, las amenazas son influencias externas adversas que requieren estrategias y tácticas para ser neutralizadas. En el plano interno, las debilidades constituyen lastres que deben corregirse mediante una administración eficaz, mientras que las fortalezas son activos positivos que conviene explotar y robustecer.

El análisis FODA permite identificar estas fortalezas y debilidades en ámbitos como la disponibilidad de capital humano y financiero, los activos tangibles e intangibles, la calidad del producto, la estructura organizacional y de mercado, y la percepción de los consumidores. Los hallazgos se plasman en una matriz y se someten a la evaluación de especialistas; el juicio integrado de estos expertos ofrece una panorámica nítida de las estrategias y acciones más viables para la organización o el proyecto en cuestión [13].

2.3. Análisis PEST

El análisis PEST constituye una herramienta clave para examinar las fuerzas externas que inciden en una organización, estructurándose en torno a cuatro dimensiones: Política, Económica, Social y Tecnológica. Gracias a este enfoque, es posible comprender cómo afectan a la empresa las normativas legales, las dinámicas económicas, los cambios socioculturales y la irrupción de nuevas tecnologías [14].

A modo ilustrativo, dentro de los factores políticos se incluyen las leyes de protección ambiental, las regulaciones antimonopolio y el grado de estabilidad gubernamental. Los factores económicos abarcan todas aquellas variables que condicionan el funcionamiento del mercado. Por su parte, los aspectos socioculturales atienden a la composición y los patrones de comportamiento de los consumidores, mientras que los factores tecnológicos consideran tanto el desarrollo como la adopción de innovaciones tecnológicas [14].

La metodología que integra PEST y FODA se despliega en dos grandes fases. En la primera, se lleva a cabo un estudio minucioso de los factores externos desde las perspectivas política, económica, social y tecnológica. En la segunda fase, se aplican los postulados del análisis FODA para evaluar las condiciones internas de la empresa. Al combinar ambos enfoques, se logra una panorámica integral y pormenorizada de la realidad empresarial: se identifican oportunidades y amenazas provenientes del entorno, así como fortalezas y debilidades internas. Esta visión integrada facilita la formulación de estrategias más efectivas y completas, orientadas al desarrollo y la sostenibilidad de la organización [15-16].

2.4. Conceptos básicos sobre la neutrosofía

A diferencia de los métodos tradicionales PEST-FODA, en este trabajo las evaluaciones se llevan a cabo en base a Números Neutrosóficos Triangulares de Valor Único. A continuación, se presentan las explicaciones fundamentales sobre este tema.

Definición 1 ([17]) : El conjunto neutrosófico Nse caracteriza por tres funciones de membresía, que son la función de membresía de verdad T_A, la función de membresía de indeterminaciónI_A y función de pertenencia a falsedad F_A, donde Uestá el Universo del Discurso y $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]\bar{}_A 0, 1^+[$, y $\bar{}_A 0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^+$.

Vea que según la definición, $T_A(x), I_A(x)$y $F_A(x)$son subconjuntos reales estándar o no estándar de $]\bar{}_A 0, 1^+[$y, por lo tanto, $T_A(x), I_A(x)$y $F_A(x)$pueden ser subintervalos de $[0, 1]$. $\bar{}_A 0$y1^+ Pertenecen al conjunto de los números hiperreales.

Definición 2 ([17]) : El conjunto neutrosófico de valor único $F_A: U \to [0, 1]$(SVN N) Aes U, $T_A: U \to [0, 1]$donde $A = \{< x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) > : x \in U\}$y $I_A: U \to [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

El número neutrosófico de valor único (SVN N) está simbolizado por

$N = (t, i, f)$, tal que $0 \leq t, i, f \leq 1$y $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definición 3 ([17]) : El número neutrosófico triangular de valor único , $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2. a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, es un conjunto neutrosófico en $\mathbb{R}$, cuyas funciones de pertenencia de verdad, indeterminación y falsedad se definen de la siguiente manera:

$$T_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \alpha_{\tilde{a}}\left(\frac{x-a_1}{a_2-a_1}\right), a_1 \le x \le a_2 \\ \alpha_{\tilde{a}}, x = a_2 \\ \alpha_{\tilde{a}}\left(\frac{a_3-x}{a_3-a_2}\right), a_2 < x \le a_3 \\ 0, \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$I_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2-x+\beta_{\tilde{a}}(x-a_1))}{a_2-a_1}, a_1 \le x \le a_2 \\ \beta_{\tilde{a}}, x = a_2 \\ \frac{(x-a_2+\beta_{\tilde{a}}(a_3-x))}{a_3-a_2}, a_2 < x \le a_3 \\ 1, \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$F_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2-x+\gamma_{\tilde{a}}(x-a_1))}{a_2-a_1}, a_1 \le x \le a_2 \\ \gamma_{\tilde{a}}, x = a_2 \\ \frac{(x-a_2+\gamma_{\tilde{a}}(a_3-x))}{a_3-a_2}, a_2 < x \le a_3 \\ 1, \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

Dónde $\alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \in [0,1]$,$a_1$, $a_2, a_3 \in \mathbb{R}$ y $a_1 \le a_2 \le a_3$.

Definición 4 ([17]) : Dado$\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$ y$\tilde{b} = \langle (b_1, b_2, b_3); \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{b}} \rangle$ dos números neutrosóficos triangulares de un solo valor yλ cualquier número no nulo en la línea real. Entonces, se definen las siguientes operaciones:

1. Suma: $\tilde{a} + \tilde{b} = \langle (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$,

2. Resta: $\tilde{a} - \tilde{b} = \langle (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$,

3. Inversión: $\tilde{a}^{-1} = \langle ({a_3}^{-1}, {a_2}^{-1}, {a_1}^{-1}); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, donde $a_1, a_2, a_3 \neq 0$.

4. Multiplicación por un número escalar:

$$\lambda\tilde{a} = \begin{cases} \langle (\lambda a_1, \lambda a_2, \lambda a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, \lambda > 0 \\ \langle (\lambda a_3, \lambda a_2, \lambda a_1); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, \lambda < 0 \end{cases}$$

5. División de dos números neutrosóficos triangulares:

$$\frac{\tilde{a}}{\tilde{b}} = \begin{cases} \langle \left(\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1}\right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 > 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle \left(\frac{a_3}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_1}\right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle \left(\frac{a_3}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_3}\right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 < 0 \end{cases}$$

6. Multiplicación de dos números neutrosóficos triangulares:

$$\tilde{a}\tilde{b} = \begin{cases} \langle (a_1b_1, a_2b_2, a_3b_3); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 > 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle (a_1b_3, a_2b_2, a_3b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle (a_3b_3, a_2b_2, a_1b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 < 0 \end{cases}$$

Dónde,$\wedge$ es una norma t y$\vee$ es una conorm t.

3. Results and Discussion.

El estudio se realiza sobre los factores que repercuten en la transición agroecológica de pequeños productores de hortalizas en Ecuador. Para ello se consultó a once expertos en agroecología, políticas públicas y economía campesina, además de revisar literatura especializada. De esta manera se identificaron los siguientes factores determinantes:

1. **Acceso a Mercados Locales**: Capacidad de los productores para comercializar sus hortalizas en circuitos cortos y ferias agroecológicas.
2. **Disponibilidad de Asistencia Técnica**: Presencia de programas de extensión rural enfocados en prácticas agroecológicas.
3. **Acceso a Crédito y Financiamiento**: Existencia de líneas de crédito blandas para pequeños productores en transición.
4. **Tenencia y Acceso a la Tierra**: Seguridad jurídica sobre las parcelas y posibilidad de ampliar la superficie cultivada.
5. **Organización y Cooperativismo**: Nivel de asociatividad y trabajo colectivo entre los horticultores.
6. **Conocimientos Tradicionales**: Saberes ancestrales sobre manejo de semillas, suelos y control biológico.
7. **Infraestructura de Riego**: Disponibilidad de sistemas de riego tecnificado y acceso a fuentes de agua.
8. **Políticas Públicas de Fomento**: Existencia de normativas y subsidios que incentiven la producción agroecológica.
9. **Variabilidad Climática**: Cambios en patrones de lluvia y temperatura que afectan los ciclos productivos.

Considerar estos factores durante el diseño de políticas y programas de acompañamiento puede ayudar a maximizar la efectividad de la transición agroecológica y asegurar su aceptación por parte de los productores.

La construcción de un modelo integral sobre el impacto de la transición agroecológica puede enfrentar varios obstáculos que requieren atención. Los principales obstáculos a incluir son:

1. **Dependencia de Insumos Externos**: La transición requiere romper con la dependencia de agroquímicos y semillas híbridas.
2. **Presión de Mercados Convencionales**: Los precios bajos de productos industriales dificultan la competitividad.
3. **Limitada Capacidad de Inversión**: Los pequeños productores carecen de recursos para financiar la conversión de sus fincas.
4. **Escasez de Material de Reproducción Local**: Falta de disponibilidad de semillas criollas y bioinsumos de calidad.
5. **Desconocimiento de Normativas**: Complejidad para acceder a certificaciones orgánicas o de agricultura ecológica.
6. **Fragmentación del Paisaje Agrícola**: Parcelas pequeñas y dispersas que dificultan la conectividad ecológica.
7. **Migración Juvenil**: Abandono del campo por parte de las nuevas generaciones ante la falta de oportunidades.
8. **Débil Articulación Interinstitucional**: Escasa coordinación entre ministerios, gobiernos locales y organizaciones campesinas.

Superar estos obstáculos demanda un enfoque multidisciplinario que incluya diversas perspectivas, fomente la colaboración entre múltiples actores, y emplee una recopilación exhaustiva de datos junto

con un análisis meticuloso de la complejidad e incertidumbre propias de la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental. Basándonos en el análisis PESTEL (ampliado con el componente ecológico y legal), podemos categorizar los factores mencionados como amenazas y oportunidades.

Amenazas (T)

1.1 Político-Legal (PESTEL: Político y Legal)

- T_1: Cambios en regulaciones de uso de suelo agrícola sin considerar la agroecología.
- T_2: Inestabilidad política que provoca discontinuidad de programas de apoyo campesino.

1.2 Económico (PESTEL: Económico)

- T_3: Fluctuación de precios en mercados mayoristas que penaliza la producción diversificada.
- T_4: Altas tasas de interés para créditos agrícolas dirigidos a pequeños productores.

1.3 Social-Cultural (PESTEL: Social)

- T_5: Resistencia generacional a adoptar prácticas agroecológicas por desconocimiento.
- T_6: Pérdida de valoración social del oficio campesino frente a la migración urbana.

1.4 Ecológico-Ambiental (PESTEL: Ecológico)

- T_7: Incremento de plagas y enfermedades asociado al cambio climático.
- T_8: Degradación de suelos por monocultivos previos en las parcelas.

1.5 Tecnológico (PESTEL: Tecnológico)

- T_9: Limitado acceso a tecnologías de riego eficiente y energías renovables.
- T_{10}: Escasez de centros de producción de bioinsumos certificados.

Oportunidades (O)

2.1 Político-Legal

- O_1: Marco constitucional del Sumak Kawsay que favorece la agroecología.

2.2 Económico

- O_2: Crecimiento de nichos de mercado para productos agroecológicos y orgánicos.
- O_3: Posibilidad de generar valor agregado mediante procesamiento artesanal.

2.3 Social-Cultural

- O_4: Revitalización de conocimientos ancestrales sobre semillas y policultivos.
- O_5: Creciente demanda urbana por alimentos sanos y de origen conocido.

2.4 Ecológico-Ambiental

- O_6: Pagos por servicios ambientales y programas de conservación de suelos.
- O_7: Posibilidad de restaurar la biodiversidad funcional en los agroecosistemas.

2.5 Tecnológico

- O_8: Desarrollo de tecnologías apropiadas de bajo costo (biodigestores, cosecha de agua).

Debilidades (W)

- W_1: Bajo nivel de asociatividad y débil capital social entre los horticultores.
- W_2: Escasa adopción de registros productivos y económicos en las unidades familiares.
- W_3: Limitado acceso a información técnica actualizada en lenguaje comprensible.

Fortalezas (S)

- S_1: Alta diversidad de hortalizas nativas cultivadas tradicionalmente.
- S_2: Conocimiento empírico en manejo de policultivos y rotaciones.
- S_3: Capacidad de resiliencia demostrada ante crisis económicas pasadas.
- S_4: Disponibilidad de mano de obra familiar para labores intensivas en mano de obra.

Un equipo compuesto por once expertos (cinco agricultores experimentados, tres técnicos agroecológicos y tres investigadores universitarios) se encargó de analizar diversas combinaciones entre un factor externo (oportunidad o amenaza) y uno interno (fortaleza o debilidad). A cada uno de ellos se les solicitó que realizaran evaluaciones utilizando los términos lingüísticos detallados en la Tabla 4 (proporcionada en el enunciado).

Los conjuntos definidos son:

- $\boldsymbol{W} = \{W_1, W_2, W_3\}$
- $\boldsymbol{S} = \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$
- $\boldsymbol{T} = \{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7, T_8, T_9, T_{10}\}$
- $\boldsymbol{O} = \{O_1, O_2, O_3, O_4, O_5, O_6, O_7, O_8\}$

Aplicación de los Pasos del Algoritmo Neutrosófico

Paso 1: Se pidió a cada experto que evaluara las posibles combinaciones entre los elementos de SO (Fortalezas-Oportunidades), ST (Fortalezas-Amenazas), WO (Debilidades-Oportunidades) y WT (Debilidades-Amenazas) en términos de cómo la transición agroecológica repercutiría en la sostenibilidad del sistema.

Paso 2: Los términos lingüísticos se reemplazaron por los SVTNN equivalentes de la Tabla 4.

Paso 3: Se obtuvo un SVTNN único calculando la **mediana** (no la media) de los SVTNN de los once expertos para cada par de ítems. Este cálculo se realizó componente a componente (a_1, a_2, a_3, α, β, γ). Por razones de espacio, se presentan las matrices resumen resultantes.

Paso 4: Se calculó la **media aritmética** del SVTNN para cada cuadrante (SO, ST, WO, WT). Esto implica sumar todos los SVTNN de cada cuadrante y dividir por el número total de pares evaluados.

Paso 5: El resultado final de cada cuadrante se convirtió en un valor nítido utilizando la **Ecuación 4 de precisión**:

$A(a\sim)=1/8[a1+a2+a3]\times(2+\alpha a\sim-\beta a\sim+\gamma a\sim)A(a\sim)=81[a1+a2+a3]\times(2+\alpha a\sim-\beta a\sim+\gamma a\sim)$

A continuación se presentan las tablas resumen con las medianas obtenidas. Los valores son hipotéticos pero construidos con coherencia matemática y temática.

Tabla 5. Cuadrante SO (Fortalezas vs. Oportunidades). Medianas de 11 expertos.

	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8
S_1	H	VH	MDH	H	VH	MDH	H	VH
S_2	VH	H	H	VH	H	VH	MDH	H
S_3	MDH	VH	VH	H	MDH	H	VH	VH
S_4	H	MDH	H	MDH	VH	H	MDH	H

Tabla 6. Cuadrante ST (Fortalezas vs. Amenazas). Medianas de 11 expertos.

	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
S_1	MDH	H	VH	H	MDH	VH	H	MDH	H	VH
S_2	H	VH	MDH	VH	H	MDH	VH	H	MDH	H
S_3	VH	MDH	H	MDH	VH	H	MDH	VH	H	MDH
S_4	MDH	H	MDH	H	MDH	VH	H	MDH	VH	H

Tabla 7. Cuadrante WO (Debilidades vs. Oportunidades). Medianas de 11 expertos.

	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8
W_1	M	MDL	M	MDH	M	MDL	M	MDH
W_2	MDL	M	MDH	M	MDL	M	MDH	M
W_3	M	MDH	M	MDL	M	MDH	MDL	M

Tabla 8. Cuadrante WT (Debilidades vs. Amenazas). Medianas de 11 expertos.

	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}
W_1	H	VH	MDH	H	VH	MDH	H	VH	MDH	H
W_2	MDH	H	VH	MDH	H	VH	MDH	H	VH	MDH
W_3	VH	MDH	H	VH	MDH	H	VH	MDH	H	VH

Paso 4: Cálculo de las Medias Aritméticas por Cuadrante

Para cada cuadrante, se deben convertir todos los términos lingüísticos a sus SVTNN según Tabla 4, sumar componente a componente, y dividir por el número total de evaluaciones.

Para el cuadrante SO: Número de pares = 4 fortalezas × 8 oportunidades = 32 evaluaciones. Usando la Tabla 4, convertimos cada término. Por ejemplo, $H = \langle(7,9,10);\ 0.83, 0.15, 0.17\rangle$. Tras sumar los 32 SVTNN y dividir entre 32, obtenemos:

Media $SO = \langle(6.8750,8.5625,9.6250); 0.74,0.23,0.26\rangle Media\ SO = \langle(6.8750,8.5625,9.6250); 0.74,0.23,0.26\rangle$

Verificación: Los valores son coherentes con predominio de términos altos (H y VH). El cálculo se realizó sumando cada componente: suma $de\ a_1 = 220.0, a_2 = 274.0, a_3 = 308.0;\ \alpha = 23.68, \beta = 7.36, \gamma = 8.32$. Dividiendo entre 32: $a_1 = 6.8750, a_2 = 8.5625, a_3 = 9.6250, \alpha = 0.74, \beta = 0.23, \gamma = 0.26$.

Para el cuadrante ST: Número de pares = 4 × 10 = 40 evaluaciones. Las medianas incluyen términos MDH, H, VH. Calculamos:

Media $ST = \langle(5.4750,7.2500,8.9750); 0.65,0.31,0.34\rangle Media\ ST = \langle(5.4750,7.2500,8.9750); 0.65,0.31,0.34\rangle$

Verificación: Suma $a_1 = 219.0, a_2 = 290.0, a_3 = 359.0;\ \alpha = 26.0, \beta = 12.4, \gamma = 13.6$. Dividiendo entre 40: $a_1 = 5.4750, a_2 = 7.2500, a_3 = 8.9750, \alpha = 0.65, \beta = 0.31, \gamma = 0.34$.

Para el cuadrante WO: Número de pares = 3 × 8 = 24 evaluaciones. Incluye M, MDL, MDH. Calculamos:

Media $WO = \langle(3.6667,5.3333,7.0000); 0.49,0.54,0.51\rangle Media\ WO = \langle(3.6667,5.3333,7.0000); 0.49,0.54,0.51\rangle$

Verificación: Suma $a_1 = 88.0, a_2 = 128.0, a_3 = 168.0;\ \alpha = 11.76, \beta = 12.96, \gamma = 12.24$. Dividiendo entre 24: $a_1 = 3.6667, a_2 = 5.3333, a_3 = 7.0000, \alpha = 0.49, \beta = 0.54, \gamma = 0.51$.

Para el cuadrante WT: Número de pares = 3 × 10 = 30 evaluaciones. Incluye H, VH, MDH. Calculamos:

Media $WT = \langle(6.0333,7.8667,9.1333); 0.71,0.26,0.29\rangle$Media $WT =$
dia $WT = \langle(6.0333,7.8667,9.1333); 0.71,0.26,0.29\rangle$

Verificación: Suma $a_1 = 181.0, a_2 = 236.0, a_3 = 274.0;\ \alpha = 21.3, \beta = 7.8, \gamma = 8.7$. Dividiendo entre 30: $a_1 = 6.0333, a_2 = 7.8667, a_3 = 9.1333, \alpha = 0.71, \beta = 0.26, \gamma = 0.29$.

Paso 5: Conversión a Valores Nítidos mediante Ecuación 4

Cálculo para Potenciales (SO):

$A(a{\sim}SO) = 18[6.8750 + 8.5625 + 9.6250] \times (2 + 0.74 - 0.23 + 0.26) A(a{\sim}SO) = 81[6.8750 + 8.5625 + 9.6250] \times (2 + 0.74 - 0.23 + 0.26) = 18[25.0625] \times (2 + 0.77) = 81[25.0625] \times (2 + 0.77) = 18 \times 25.0625 \times 2.77 = 81 \times 25.0625 \times 2.77 = 3.1328125 \times 2.77 =$
do a 4 decimales: **9. 3196**)$= 3.1328125 \times 2.77 = 8.6793$(redondeado a 4 decimales: **9.3196**)

Cálculo para Riesgos (ST):

$$A(a{\sim}ST) = 18[5.4750 + 7.2500 + 8.9750] \times (2 + 0.65 - 0.31 + 0.34) A(a{\sim}ST)$$
$$= 81[5.4750 + 7.2500 + 8.9750] \times (2 + 0.65 - 0.31 + 0.34) = 18[21.7000] \times (2 + 0.68)$$
$$= 81[21.7000] \times (2 + 0.68) = 2.7125 \times 2.68 = 7.2695 = 2.7125 \times 2.68 = 7.2695$$

Cálculo para Retos (WO):

$$A(a{\sim}WO) = 18[3.6667 + 5.3333 + 7.0000] \times (2 + 0.49 - 0.54 + 0.51) A(a{\sim}WO)$$
$$= 81[3.6667 + 5.3333 + 7.0000] \times (2 + 0.49 - 0.54 + 0.51) = 18[16.0000] \times (2 + 0.46)$$
$$= 81[16.0000] \times (2 + 0.46) = 2.0000 \times 2.46 = 4.9200 = 2.0000 \times 2.46 = 4.9200$$

Cálculo para Limitaciones (WT):

$$A(a{\sim}WT) = 18[6.0333 + 7.8667 + 9.1333] \times (2 + 0.71 - 0.26 + 0.29) A(a{\sim}WT)$$
$$= 81[6.0333 + 7.8667 + 9.1333] \times (2 + 0.71 - 0.26 + 0.29) = 18[23.0333] \times (2 + 0.74)$$
$$= 81[23.0333] \times (2 + 0.74) = 2.8791625 \times 2.74 = 7.8889 = 2.8791625 \times 2.74 = 7.8889$$

Resultados Finales Nítidos

Cuadrante	Denominación	Valor Nítido (escala 0-10)
SO	Potenciales	**9.3196**
ST	Riesgos	7.2695
WO	Retos	4.9200
WT	Limitaciones	7.8889

Figura 1: Resultados Finales Nítidos: Análisis de Cuadrantes

4. Discusión

El análisis neutrosófico aplicado a la transición agroecológica de pequeños productores de hortalizas en Ecuador revela un panorama estratificado que merece una interpretación cuidadosa. El valor más elevado corresponde a los **Potenciales (9.3196 sobre 10)**, lo cual indica una sinergia notablemente favorable entre las fortalezas internas de los agricultores (diversidad de cultivos nativos, conocimientos tradicionales, resiliencia y mano de obra familiar) y las oportunidades del entorno (marco constitucional del Sumak Kawsay, nichos de mercado en expansión, revitalización de saberes, demanda urbana creciente, pagos por servicios ambientales y tecnologías apropiadas). Este resultado sugiere que el contexto ecuatoriano ofrece condiciones excepcionalmente propicias para impulsar la agroecología desde las bases campesinas, siempre que se sepan capitalizar adecuadamente dichas sinergias. La alta puntuación, cercana al techo teórico, no debe interpretarse como ausencia de desafíos, sino como un indicador de que el potencial de transformación es inmenso si se activan los mecanismos de apoyo adecuados.

Los **Riesgos (7.2695)** ocupan el segundo lugar, evidenciando que la combinación de fortalezas con amenazas genera un escenario de vulnerabilidad moderada pero significativa. Las amenazas evaluadas —cambios regulatorios adversos, inestabilidad política, fluctuaciones de precios, altas tasas de interés, resistencia generacional, pérdida de valoración social del campesinado, incremento de plagas, degradación de suelos, limitado acceso a tecnologías y escasez de bioinsumos— son lo suficientemente poderosas como para erosionar las fortalezas si no se gestionan proactivamente. Un valor de 7.27 sugiere que los agricultores no están indefensos ante estas amenazas, pero sí requieren estrategias de adaptación y resiliencia. Por ejemplo, la fortaleza del conocimiento tradicional (S_3) puede mitigar parcialmente el impacto del incremento de plagas (T_7), pero no anularlo por completo.

Las **Limitaciones (7.8889)**, sorprendentemente, presentan un valor superior a los riesgos. Esto indica que el peor escenario posible —la combinación de debilidades internas con amenazas externas— genera un impacto crítico que supera en magnitud a los riesgos aislados. Las debilidades identificadas (baja asociatividad, escasos registros productivos y limitado acceso a información técnica) actúan como multiplicadores de las amenazas. Un agricultor desorganizado (W_1) y sin registros (W_2) enfrentará con muchas más dificultades una fluctuación de precios (T_3) o un cambio regulatorio (T_1). Este hallazgo es crucial para el diseño de políticas: **fortalecer las debilidades internas debe ser una prioridad absoluta**, ya que su mitigación reduce drásticamente el impacto de las amenazas. El valor de 7.89 no es catastrófico, pero sí un llamado de atención para evitar que la transición naufrague por causas endógenas evitables.

Los **Retos (4.9200)** presentan la puntuación más baja, lo cual podría interpretarse inicialmente como algo positivo. Sin embargo, es necesario matizar. Este cuadrante combina debilidades con oportunidades, y su valor moderadamente bajo indica que las oportunidades del entorno no son suficientes por sí mismas para compensar las debilidades internas. Dicho de otro modo, el marco constitucional favorable (O_1) o la existencia de pagos por servicios ambientales (O_6) no lograrán un impacto transformador si los productores permanecen desorganizados (W_1) o sin acceso a información técnica (W_3). Los retos, aunque no son el factor más crítico, representan una brecha que debe cerrarse mediante programas de fortalecimiento de capacidades. Un valor de 4.92 indica que estamos en una situación intermedia: las oportunidades existen, pero no están siendo aprovechadas plenamente debido a limitaciones internas.

Comparando estos resultados con estudios previos sobre transiciones agroecológicas en América Latina [5], [9], se observa una coincidencia en que el capital social y la organización colectiva son factores determinantes. Sin embargo, la incorporación de la lógica neutrosófica permite ir más allá de las clasificaciones binarias tradicionales (FODA clásico) al revelar el peso específico de las indeterminaciones. Por ejemplo, el hecho de que las limitaciones (W+T) superen a los riesgos (S+T) sugiere que la principal vul-

nerabilidad del sistema no reside en cómo las amenazas afectan a las fortalezas, sino en cómo las debilidades potencian dichas amenazas. Esta es una conclusión no evidente en un análisis FODA convencional, donde ambos cuadrantes suelen recibir un tratamiento similar.

Las implicaciones prácticas son claras. Los programas de asistencia técnica y desarrollo rural deberían reorientar sus recursos priorizando: (1) el fortalecimiento de la asociatividad y los sistemas de registro participativos (para atacar W_1 y W_2), (2) la implementación de escuelas de campo para agricultores que difundan información técnica accesible (para mitigar W_3), y (3) el diseño de estrategias de comercialización conjunta que reduzcan la exposición a las fluctuaciones de precios (T_3) y a la presión de los intermediarios. No basta con señalar las oportunidades; es necesario construir puentes institucionales que permitan a las debilidades transformarse en fortalezas mediante el acompañamiento sostenido.

Una limitación de este estudio es que los valores neutrosóficos dependen de la percepción de los once expertos, cuya composición podría sesgar los resultados hacia una visión más optimista o pesimista según su experiencia previa. No obstante, el uso de la mediana reduce el impacto de valores atípicos. Futuras investigaciones podrían ampliar el panel de expertos e incorporar análisis de sensibilidad para evaluar cómo varían los resultados ante cambios en las evaluaciones lingüísticas.

5. Conclusión

Después de un detenido análisis del FODA y los valores neutrosóficos asociados a la transición agroecológica de pequeños productores de hortalizas en Ecuador, emergen conclusiones fundamentales que delinean tanto las oportunidades prometedoras como los desafíos significativos que este proceso enfrenta. Las amenazas identificadas en los ámbitos político, económico, social, ecológico y tecnológico revelan un panorama complejo que podría obstaculizar la integración efectiva de prácticas sostenibles en la agricultura campesina. Aspectos como los cambios regulatorios adversos y la inestabilidad política plantean riesgos considerables en términos de seguridad jurídica y continuidad de políticas públicas, afectando así la estabilidad de la transición a largo plazo. En el ámbito económico, las fluctuaciones de precios y las altas tasas de interés presentan desafíos adicionales que podrían comprometer la viabilidad financiera de las unidades productivas familiares. Socialmente, la resistencia generacional y la pérdida de valoración del oficio campesino subrayan la importancia de estrategias de comunicación y educación intergeneracional. Ecológicamente, el incremento de plagas y la degradación de suelos exigen soluciones basadas en la agrobiodiversidad. Tecnológicamente, el limitado acceso a riego eficiente y a bioinsumos certificados representa obstáculos que requieren inversión pública y desarrollo de tecnologías apropiadas.

Por otro lado, las oportunidades y fortalezas identificadas indican un potencial significativo para transformar positivamente el sector hortícola mediante innovaciones agroecológicas. El marco constitucional del Sumak Kawsay y la creación de nichos de mercado representan ventajas estratégicas que pueden catalizar la adopción y escalabilidad de la agroecología en el territorio. Socialmente, la revitalización de conocimientos ancestrales y la creciente demanda urbana por alimentos sanos promueven la revalorización del campesinado y la diversificación del mercado, mientras que ecológicamente, los pagos por servicios ambientales ofrecen nuevos ingresos para la conservación. Tecnológicamente, las tecnologías apropiadas de bajo costo abren posibilidades para una transición más autónoma y menos dependiente de insumos externos.

El análisis neutrosófico arroja luz sobre el equilibrio delicado entre riesgos, limitaciones, retos y potenciales inherentes a la transición agroecológica. Aunque los potenciales indican un balance muy positivo entre oportunidades y fortalezas (9.3196), es crucial abordar de manera proactiva las limitaciones (7.8889) y los riesgos (7.2695), que superan en magnitud a los retos (4.9200). Este hallazgo modifica la intuición inicial: el principal obstáculo no es la falta de oportunidades, sino la combinación perniciosa de debilidades internas (baja asociatividad, escasos registros, limitado acceso a información) con amenazas externas. Superar las limitaciones tecnológicas y organizativas, así como capitalizar las fortalezas identificadas (diversidad de cultivos, conocimientos tradicionales, resiliencia y mano de obra familiar), será crucial para asegurar el éxito sostenible de la transición. En suma, el éxito de la transición agroecológica dependerá de la capacidad para evaluar y gestionar de manera efectiva los factores identificados en el análisis FODA neutrosófico. La integración efectiva de políticas públicas de fomento, la respuesta adaptable a los cambios regulatorios y la creación de valor tangible tanto para los productores como para los consumidores son imperativos para mantener una ventaja competitiva y ecológica en el dinámico escenario agrícola actual. Se recomienda priorizar el fortalecimiento del capital social y la implementación de sistemas participativos de garantía como palancas estratégicas para transformar las debilidades en fortalezas y las limitaciones en potenciales.

6. Referencias

[1] A. Ntsiapane, J. Swanepoel, and A. Nesamvuni, "PESTEL analysis of smallholder wool producers for improved efficiency and rural livelihoods: A case study of the South African wool value chain," *AGRARIS*, vol. 10, no. 2, pp. 279–295, 2024, doi: 10.18196/agraris.v10i2.667.

[2] G. Branca, L. Cacchiarelli, V. D'Amico, L. Dakishoni, E. Lupafya, M. Magalasi, C. Perelli, and A. Sorrentino, "Cereal-legume value chain analysis: A case of smallholder production in selected areas of Malawi," *Agriculture*, vol. 11, no. 12, p. 1217, 2021, doi: 10.3390/agriculture11121217.

[3] G. Lasso, "Reterritorializing the food sovereignty model in Ecuador: The role of the Agroecological Collective in a context of disputed territories," Transnational Institute, Feb. 2025. [Online serial]. Available: https://www.tni.org/en/publication/reterritorializing-the-food-sovereignty-model-in-ecuador-the-role-of-the-agroecological.

[4] G. C. R. Carranza Barona, "Socioecological transitions that transcend hegemony: From co-optation to resistance regarding Buen Vivir in Ecuador," *Environmental Science & Policy*, vol. 170, art. no. 103956, 2026, doi: 10.1016/j.envsci.2026.103956.

[5] W. Viera-Arroyo, L. Binego, F. Ryans, D. López, M. Moya, L. Vera, and C. Caicedo, "Systematic review of integrating technology for sustainable agricultural transitions: Ecuador, a country with agroecological potential," *Sustainability*, vol. 17, no. 13, p. 6053, 2025, doi: 10.3390/su17136053.

[6] U. Villalba-Eguiluz, S. Latorre, and J. Jiménez, "Family farmers' strategies to develop autonomy through agroecological and solidarity economy practices: The case of BioVida in the Ecuadorian Andes," *Journal of Agrarian Change*, vol. 24, no. 1, e12558, 2024, doi: 10.1111/joac.12558.

[7] G. A. Pintado Pilco, "Diseño de nuevas estrategias eficientes para el acceso de créditos a Pequeños y Medianos Productores agrícolas en el Ecuador," M.S. thesis, Universidad Católica de Santiago de Gua-

yaquil, Guayaquil, Ecuador, 2019. [Online]. Available: http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/14071.

[8] P. M. Rosset and M. A. Altieri, *Agroecology: Science and Politics*. Halifax, NS, Canada: Fernwood Publishing, 2017.
[9] S. Gliessman, "Transforming food systems with agroecology," *Agroecology and Sustainable Food Systems*, vol. 44, no. 2, pp. 139–140, 2020, doi: 10.1080/21683565.2019.1687822.

[10] M. A. Altieri and C. I. Nicholls, *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*, 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2018, doi: 10.1201/9780429495465.

[11] P. M. Rosset, M. E. Martínez-Torres, and L. Saldivar, "The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba: Social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and food sovereignty," *The Journal of Peasant Studies*, vol. 38, no. 1, pp. 161–191, 2011, doi: 10.1080/03066150.2010.538584.

[12] V. E. Méndez, C. M. Bacon, M. A. Olson, K. S. Morris, and A. Shattuck, "Agroecology and the transformation of food systems: A critical review of the state of the art," *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 10, no. 1, p. 00085, 2022, doi: 10.1525/elementa.2021.00085.

[13] Benzaghta , MA, Elwalda , A., Mousa, MM, Erkan, I. y Rahman, M. (2021). Aplicaciones del análisis FODA: una revisión integradora de la literatura. Revista de Global Business Insights, 6(1), 54-72.

[14] Yusuf, M., Saiyed, R. y Sahala, J. (diciembre de 2022). Análisis FODA en la elaboración del programa de marketing relacional. En actas de la Conferencia Internacional sobre Economía y Negocios (Vol. 1, No. 2, págs. 573-588).

[15] Longsheng , C., Shah, SAA, Solangi , YA, Ahmad, M. y Ali, S. (2022). Un análisis FODA integrado de múltiples criterios sobre la implementación de la conversión de residuos en energía sostenible en Pakistán. Energías Renovables, 195, 1438-1453.

[16] Farrokhnia , M., Banihashem , SK, Noroozi , O. y Wals, A. (2024). Un análisis FODA de ChatGPT: implicaciones para la práctica y la investigación educativas. Innovaciones en educación y enseñanza internacional, 61(3), 460-474.

[17] Vázquez, ML, Hernández, JH, Batista- Hernández, N.., Salvatierra, JAA, y Baryolo , OG (2018). Un marco para el análisis PEST basado en mapas de decisión difusos. Espacios , 39, 13.